

Karakter Agronomi Galur Padi Dihaploid Asal Kultur Antera Hasil Persilangan Three Way Cross

Agronomic Characters of Doubled-haploid Rice Lines from Anther Culture Derived Three Way Cross Breeding

Mohammad Syafii¹, Bambang Sapta Purwoko^{2*}, Iswari Saraswati Dewi³, dan Willy Bayuardi Suwarno²

¹Program Studi Pemuliaan dan Bioteknologi Tanaman, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor

²Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor
(Bogor Agricultural University), Jl. Meranti, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, Indonesia

³Balai Besar Bioteknologi dan Sumber Daya Genetik Pertanian
Jl. Tentara Pelajar No. 3A, Cimanggu, Bogor, Indonesia

Diterima 1 Agustus 2017/Disetujui 1 November 2017

ABSTRACT

Anther culture is useful tool in rice breeding. The technique shortens the time to obtain full homozygous plant in just one generation. Information related to genetic variability among the regenerants is important for further analysis including selection activities. The objective of this study was to analyze agronomic character variability and yield potential among doubled-haploid lines (DH0) derived from anther culture. This study was carried out in Center for Agricultural Biotechnology and Genetic Resources Research and Development (BB Biogen) from October 2016 to February 2017. The experiment was arranged in randomized complete block design (RCBD) with three replications. Forty eight doubled haploid lines derived from anther culture and three check varieties were evaluated. The results showed high genetic variability as well as broad sense heritability (more than 90%) for all variables tested. Several lines showed superior agronomic characters compared to check (Ciherang, Inpari 18, Inpago 10). Anther culture could generate high genetic variability for further selection.

Keywords: anther culture, broad sense heritability, haploid technology

ABSTRAK

Kultur antera merupakan teknik yang bermanfaat dalam kegiatan pemuliaan tanaman padi, untuk mempersingkat waktu mendapatkan tanaman homozigot penuh hanya dalam satu generasi. Informasi terkait keragaman genetik tanaman hasil kultur antera yang dihasilkan sangat penting untuk pengujian berikutnya termasuk kegiatan seleksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keragaman karakter agronomi dan potensi hasil dari galur dihaploid generasi pertama (DH0) asal kultur antera. Percobaan dilakukan di rumah kaca Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumber Daya Genetik Pertanian (BB Biogen) pada bulan Oktober 2016 sampai Februari 2017. Penelitian ini menggunakan rancangan acak kelompok lengkap teracak (RKLT) dengan tiga ulangan. Sebanyak 48 galur yang diuji adalah galur dihaploid DH0 asal kultur antera diuji pada penelitian ini dan tiga varietas pembandingan. Hasil penelitian menunjukkan keragaman genetik yang tinggi dan heritabilitas arti luas tinggi (lebih dari 90%) pada semua variabel pengujian. Beberapa galur memiliki karakter agronomi yang lebih baik dibandingkan pembandingan (Ciherang, Inpari 18, Inpago 10). Hasil ini membuktikan bahwa kultur antera mampu menghasilkan galur dengan keragaman genetik tinggi dan memiliki karakter agronomi baik.

Kata kunci: heritabilitas arti luas, kultur antera, teknologi haploid

PENDAHULUAN

Produksi padi sebagai salah satu pangan pokok penting yang dikonsumsi lebih dari separuh penduduk dunia (FAO, 2014), dihadapkan pada tantangan pertumbuhan penduduk

dan perubahan iklim. Sekitar 90% padi ditanam di Asia (mendekati 640 juta ton), produsen utamanya adalah China (Seck *et al.*, 2012). Pengaruh perubahan iklim memunculkan lingkungan stres baru yang berdampak pada penurunan produksi, sehingga pengembangan padi toleran perubahan iklim menjadi penting (Leung *et al.*, 2015).

Keragaman genetik sangat esensial dalam perakitan varietas padi yang toleran terhadap kondisi iklim kurang

* Penulis untuk korespondensi. e-mail: bspurwoko@apps.ipb.ac.id

menguntungkan, dan secara bersamaan memiliki produksi tinggi dan kaya nutrisi (Leung *et al.*, 2015). Informasi keragaman genetik sangat berguna untuk identifikasi dan seleksi tetua dalam kegiatan pemuliaan (Anupam *et al.*, 2017). Pendekatan kegiatan pemuliaan yang tepat dapat menentukan keberhasilan dalam menjawab tantangan tersebut. Bradshaw (2017) mengemukakan bahwa cara paling cepat untuk menghasilkan galur inbrida melalui persilangan buatan adalah melalui produksi tanaman dihaploid.

Padi merupakan salah satu tanaman sereal yang telah berhasil dikembangkan melalui teknik kultur antera untuk mendapatkan galur dihaploid. Teknik ini dapat diadopsi untuk kegiatan pemuliaan tanaman padi, meskipun baru terbatas pada padi japonica (Silva, 2010). Protokol kultur antera yang dapat digunakan untuk mengatasi berbagai hambatan pengembangan teknik ini pada padi indica telah diperoleh (Dewi dan Purwoko, 2012), sehingga teknik kultur antera dapat digunakan dalam kegiatan pemuliaan padi indica.

Selain unggul dalam mempercepat kegiatan pemuliaan tanaman (Mishra dan Rao, 2016), kultur antera juga dapat menghasilkan karakter baru yang sebelumnya belum pernah muncul. Dewi *et al.* (2009) menemukan karakter baru terkait dengan bulu pada tanaman padi yang tidak dimiliki oleh kedua tetua persilangan yang digunakan. Karakter baru yang muncul dapat berupa karakter menguntungkan seperti ketahanan terhadap cekaman biotik maupun abiotik, sehingga meski galur tersebut tidak terpilih dalam kegiatan seleksi namun dapat bermanfaat sebagai tetua untuk perakitan galur berikutnya.

Pada perakitan galur padi indica toleran kekeringan berdaya hasil tinggi menggunakan teknik kultur antera, Gunarsih *et al.* (2016) melaporkan daya induksi kalus hanya berkisar 3.2-10.2. Perbaikan daya kultur dapat dilakukan dengan menambahkan genotipe yang diketahui memiliki daya kultur tinggi. Gajah Mungkur merupakan varietas yang diketahui toleran kekeringan serta memiliki daya kultur yang tinggi (Sasmita, 2001). Penambahan Gajah Mungkur sebagai salah satu tetua melalui persilangan *three way cross* ini telah berhasil meningkatkan secara signifikan daya kultur dan menghasilkan 693 tanaman hijau, sebanyak 275 tanaman diantaranya merupakan dihaploid (Dewi *et al.*, 2017). Tanaman dihaploid dari kultur antera ini merupakan tanaman homozigot penuh hasil penggandaan kromosom secara spontan, sehingga tidak akan mengalami segregasi pada generasi berikutnya.

Galur-galur dihaploid generasi pertama (DH0) asal kultur antera sangat bervariasi (Herawati *et al.*, 2010). Lebih lanjut Mishra *et al.* (2015) mengemukakan bahwa segregasi dua sifat tetua diantara tanaman hasil kultur antera sudah cukup besar sehingga dapat dilakukan seleksi untuk karakter penting seperti umur tanaman, tinggi tanaman, panjang malai, jumlah anakan, hasil, dan karakter bulir padi. Kegiatan karakterisasi galur-galur hasil kultur antera perlu dilakukan untuk mengetahui keragaman galur tersebut, baik pada karakter agronomi ataupun hasil. Penelitian ini

bertujuan untuk mengetahui karakter agronomi, keragaman, dan hasil dari galur DH0 asal kultur antera.

BAHAN DAN METODE

Percobaan dilakukan pada bulan Oktober 2016 sampai Februari 2017 di rumah kaca Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumber Daya Genetik Pertanian (BB Biogen) menggunakan rancangan kelompok lengkap teracak (RKL) dengan tiga ulangan. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah 48 galur dihaploid hasil kultur antera persilangan *three way cross* yaitu 1) DR7 = Inpari 18/B12825E-TB-1-25//Gajah Mungkur, 2) DR8 = Inpari 18/IR87795-14-11-b-ski-12//Gajah Mungkur, 3) DR9 = Inpari 18/IR83140-B-11-B//Gajah Mungkur, 4) DR10 = Inpari 22/IR87705-14-11-B-SKI-12//Gajah Mungkur, 5) DR11 = Inpari 22/IR83140-B-11-B//Gajah Mungkur, 6) DR12 = Inpago 8/B12825E-TB-1-25//Gajah Mungkur, dan tiga varietas pembanding yaitu Ciherang, Inpari 18, dan Inpago 10. Tetua dalam persilangan tersebut antara lain adalah dua varietas unggul baru padi sawah (Inpari 18 dan Inpari 22), varietas unggul baru padi gogo (Inpago 10), satu galur dan tiga galur toleran kekeringan, serta varietas tahan kekeringan sekaligus memiliki daya kultur tinggi (Gajah Mungkur).

Benih disemai dalam bak semai berisi lumpur, setelah 21 hari bibit kemudian dipindah tanam ke dalam pot berisi tanah sawah, sebanyak 1 bibit per pot. Tanaman dipupuk dengan dosis 200 kg ha⁻¹ (5 g per pot) Urea, 100 kg ha⁻¹ (2.5 g per pot) SP36, dan 100 kg ha⁻¹ (5 g per pot) KCl (Herawati *et al.* 2010). Pemeliharaan dilakukan berdasarkan budidaya padi sawah.

Pengamatan yang dilakukan meliputi tinggi generatif, jumlah anakan, jumlah anakan produktif, panjang malai, umur berbunga, umur panen, jumlah gabah isi, jumlah gabah hampa, jumlah gabah total, bobot 100 butir, bobot per rumpun, dan kerapatan malai. Data dianalisis menggunakan analisis ragam (Tabel 1), apabila berbeda nyata dilanjutkan dengan uji beda nyata jujur (BNJ) pada α 5%. Selanjutnya dilakukan pendugaan parameter genetik yaitu pendugaan ragam genetik, ragam fenotipe, dan ragam lingkungan, heritabilitas arti luas dan korelasi antar karakter. Rumus heritabilitas dan koefisien keragaman genetik (Singh dan Chaudary, 1979) dan penentuan luas atau sempitnya keragaman genetik ditentukan berdasarkan ragam genetik dan standar deviasi ragam genetik (Pinaria *et al.*, 1995) yaitu:

$$H_{bs}^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_p^2} \text{ KKG} = \sqrt{\frac{\sigma_g^2}{x}} \times 100\% \quad \sigma_g^2 = \sqrt{\frac{2}{r^2} \left[\frac{M_2^2}{db_g + 2} + \frac{M_1^2}{db_e + 2} \right]}$$

H_{bs}^2 = heritabilitas arti luas, KKG = koefisien keragaman genetik, σ_g^2 = standar deviasi ragam genetik, dimana:

$\sigma_g^2 > 2\sigma_g^2$ = keragaman genetik luas

$\sigma_g^2 < 2\sigma_g^2$ = keragaman genetik sempit

Pengelompokan nilai heritabilitas arti luas menurut Stanfield (1983): 0.50 < H_{bs}^2 < 1.00: tinggi; 0.20 < H_{bs}^2 < 0.50: sedang; H_{bs}^2 < 0.20: rendah.

Tabel 1. Analisis ragam satu lokasi satu musim

Sumber keragaman	Derajat bebas	Kuadrat tengah	Nilai harapan
Ulangan	(r-1)		
Genotipe	(g-1)	M2	$\sigma_e^2 + r(\sigma_g^2)$
galat	(r-1)-(g-1)	M1	σ_e^2

Keterangan: r = ulangan; g = genotipe; σ_e^2 = ragam lingkungan; σ_g^2 = ragam genotipe

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan analisis ragam 48 galur DH0 (generasi pertama) asal kultur antera dan tiga varietas pembanding diketahui bahwa genotipe berbeda sangat nyata pada semua karakter yang diamati (Tabel 2). Hal ini menunjukkan bahwa galur DH0 asal kultur antera memiliki keragaman pada semua karakter pengamatan. Menurut Dewi dan Purwoko (2012), melalui kultur antera hasil rekombinasi dari persilangan difiksasi sebagai galur-galur dihaploid yang homozigot penuh. Bagati *et al.* (2016) mengemukakan bahwa keragaman genetik tanaman sangat dibutuhkan pada pengembangan karakter padi seperti hasil.

Hasil dan Komponen Hasil

Galur-galur dihaploid yang baik memiliki karakter agronomi hampir sama atau lebih baik dibandingkan varietas pembanding (Akhmadi *et al.*, 2017). Pada karakter tinggi tanaman, IRRI (2002) mengklasifikasikan tinggi padi sawah menjadi tinggi (>130 cm), sedang (110-130 cm), dan pendek (<110 cm). Berdasarkan pengelompokan tersebut sebanyak 12 galur masuk kategori tinggi, enam galur masuk kategori sedang, dan 30 galur masuk kategori pendek (Tabel 3).

Pada karakter jumlah anakan vegetatif, DR9-11-1-1 merupakan galur yang memiliki jumlah anakan tertinggi (34.0) dan tidak berbeda nyata dengan enam galur lainnya (Tabel 3). Menurut Kartina *et al.* (2017) semakin banyak jumlah anakan, semakin besar peluang terbentuknya anakan produktif. DR9-11-1-1 merupakan galur yang memiliki jumlah anakan banyak, diikuti oleh jumlah anakan produktif yang banyak (27.0). Berdasarkan klasifikasi IRRI (2002) sebanyak 26 galur memiliki jumlah anakan produktif sedang, 20 galur memiliki jumlah anakan produktif tinggi, dan dua galur memiliki jumlah anakan produktif sangat tinggi (Tabel 3).

Panjang malai galur dalam penelitian ini beragam, berkisar antara 19.2-32.6 cm (Tabel 3). Secara umum malai yang lebih panjang berasosiasi dengan jumlah gabah per malai, dan membuat produktivitasnya semakin tinggi (Widyastuti *et al.*, 2015). Terdapat 13 galur dengan panjang malai lebih panjang dibandingkan Ciherang, sedangkan 27 galur memiliki panjang malai lebih panjang dibandingkan Inpari 18.

Umur berbunga 48 galur DH0 asal kultur antera dan tiga varietas pembanding dalam penelitian ini berkisar antara 72-101 hari (Tabel 3). Sebanyak lima galur memiliki umur berbunga setara Inpari 18. Terdapat 24 galur dengan umur berbunga setara atau lebih cepat dibandingkan Inpago 10, sedangkan 42 galur mempunyai umur berbunga yang setara atau lebih cepat dibanding Ciherang. Dari 36 galur dengan tetua Inpari 18, hanya terdapat empat galur yang memiliki umur setara dengan Inpari 18.

Tantangan pemuliaan tanaman padi salah satunya adalah memperpendek umur tanaman tanpa mengorbankan hasil (Lang *et al.*, 2014). Berdasarkan uji BNJ diketahui terdapat lima galur dengan umur panen setara Inpari 18 (Tabel 3). Terdapat satu galur dengan umur panen tercepat berbeda dengan varietas pembanding dan 47 galur lainnya.

Gabah merupakan salah satu komponen hasil penting pada tanaman padi karena menentukan produksi. Tujuh

Tabel 2. Analisis ragam galur galur dihaploid DH0 asal kultur antera

Karakter agronomi	Galur	Koefisien keragaman (%)
Tinggi tanaman generatif	1,263.2212**	3.56
Jumlah anakan	88.3383**	15.91
Jumlah anakan produktif	44.0732**	16.38
Umur berbunga	109.6024**	1.94
Panjang malai	26.6299**	4.85
Jumlah gabah isi per malai	7,404.2654**	12.51
Jumlah gabah hampa per malai	4,392.9098**	38.34
Jumlah gabah per malai	15,029.8169**	10.61
Bobot 100 butir	0.1767**	4.88
Bobot gabah kering per rumpun	569.4810**	19.29
Kerapatan malai	17.7849**	9.06
Umur panen	137.5788**	1.55

Keterangan: ** = berpengaruh nyata pada α 1%; * = berpengaruh nyata pada α 5%

Tabel 3. Karakter agronomi galur DH0 asal kultur antera dan varietas pembanding

Galur	TG	JA	JAP	PM	UB	UP	GI	GH	GT	B100	BR	KM
DR7-1-1-1	134.3de	24.7e-j	20.7c-k	32.6ab	88.0cde	113.7d-h	210.9f-k	35.9f-p	246.8k-p	2.84bc	70.3b-i	7.6p-t
DR7-1-1-2	139.0cd	20.7h-o	17.7h-q	31.7bc	86.3e-h	112.3ghi	202.6g-m	27.8h-s	230.3n-t	2.71b-h	55.6h-q	7.3q-t
DR7-3-4-1	151.3a	16.7no	15.0m-r	30.7b-e	81.0lmn	106.0m-p	291.7a	32.8f-r	324.5c-f	2.34o-u	65.1d-l	10.6e-i
DR7-7-6-1	118.3jk	19.7i-o	16.0j-r	30.7b-e	81.0lmn	106.0m-p	229.1c-h	149.3b	378.4b	2.56f-n	57.9f-q	12.4bc
DR7-20-1-1	153.0a	23.3g-l	20.0d-m	27.3i-o	101.0a	128.0a	224.7d-h	81.8cd	306.4d-g	2.29r-v	66.3d-k	11.2c-g
DR7-21-1-1	97.7p-u	23.7f-l	17.7h-q	27.6h-o	90.7b	116.0bcd	215.4f-j	34.2f-q	249.7k-p	2.49i-r	45.0n-r	9.1j-o
DR7-21-1-2	95.7r-u	22.0g-n	17.7h-q	26.2n-s	89.7bcd	114.7c-g	188.0i-p	25.6i-s	213.6p-v	2.44k-s	47.1l-r	8.1m-r
DR7-26-3-1	100.7n-s	19.0j-o	16.7i-r	26.6k-r	78.3m-p	103.7pqr	267.2abc	36.8f-p	304.0e-i	2.50i-q	64.7d-l	11.4c-g
DR7-31-2-1	119.3ij	23.0g-m	19.7e-n	27.1k-q	83.7ijk	109.3jkl	125.6tuv	19.1k-s	144.7z-C	2.78b-e	53.2i-q	5.4v
DR7-31-1-1	127.3fgh	15.7o	14.3pqr	30.1c-g	76.7qr	101.3rst	288.1ab	71.6cde	359.7bc	2.74b-g	67.7d-k	11.9cde
DR7-35-1-1	103.3m-q	26.7c-h	23.7a-g	28.6e-l	79.3m-p	105.7m-p	174.8k-r	45.6e-l	220.3o-u	2.63d-k	56.8g-q	7.7o-t
DR7-37-1-1	124.7hij	23.3g-l	18.7g-p	27.3j-p	84.0g-j	109.3jkl	161.1n-t	18.3l-s	179.5u-A	2.49i-r	55.1h-q	6.6tuv
DR7-43-1-5	101.3m-r	18.7j-o	16.7i-r	28.4f-m	76.7qr	102.7qrs	257.7a-e	88.1c	345.8b-e	2.39m-u	55.1h-q	12.2cd
DR7-44-1-2	102.3m-q	16.7no	14.7n-r	28.7e-k	75.3rs	100.7stu	267.7abc	44.0f-m	311.7d-g	2.41l-u	60.8f-p	10.9d-h
DR7-48-2-1	93.7t-w	31.3bcd	19.7e-n	26.6k-r	79.0m-p	104.0o-r	199.3g-n	29.2g-s	228.6n-t	2.45k-s	52.1i-q	8.6l-q
DR7-67-2-1	76.7z	30.3b-e	24.3a-f	20.0wx	90.3bc	117.7b	97.1v	7.3qrs	104.4C	2.89b	43.2pqr	5.2v
DR7-69-1-1	83.3y	22.7g-n	21.0c-j	26.3m-s	86.3e-h	112.0g-j	187.6i-p	87.7c	275.2h-m	2.91b	63.9d-m	10.4f-j
DR7-69-1-3	85.7xy	22.7g-n	19.3f-o	25.9o-t	86.7efg	112.3ghi	179.7j-q	93.3c	273.0h-m	2.79bcd	62.4e-o	10.5f-i
DR7-69-1-4	84.7y	24.3e-k	22.7b-h	26.1n-s	87.7def	113.0e-h	163.5m-t	79.7cd	243.1l-r	2.91b	62.6e-o	9.3i-n
DR7-75-1-1	100.0o-t	16.7no	15.3l-r	28.2g-n	81.0lmn	107.7klm	291.2a	145.3b	436.6a	2.30q-u	63.3d-n	15.5a
DR7-95-1-1	105.3mno	18.3k-o	12.0qr	29.6c-h	90.7b	117.3bc	192.7h-o	7.0qrs	199.7s-x	2.24tuv	39.7qr	6.8stu
DR7-58-3-1	147.7ab	25.7c-i	20.3d-l	26.6k-r	90.0bcd	116.3bcd	223.8d-i	12.8n-s	236.6m-s	2.40m-u	69.3b-j	8.9k-p
DR12-8-1-2	98.3p-u	25.7c-i	18.3h-p	26.6k-r	87.7def	113.7d-h	127.7s-v	23.8j-s	151.4y-B	3.38a	45.3m-r	5.7uv
DR8-13-1-3	101.3m-r	19.0j-o	15.7k-r	25.2p-u	73.0st	97.7v	167.9l-s	33.0f-r	200.9s-x	2.39m-u	41.8qr	8.0n-s
DR8-20-1-1	112.0kl	23.0g-m	22.7b-h	23.9tu	80.0l-o	104.7n-q	250.0b-f	31.0f-s	281.0g-l	2.66c-j	88.0ab	11.7c-f
DR12-20-1-2	94.3s-v	25.7c-i	19.7e-n	27.5h-o	86.7efg	113.0e-h	185.6i-q	18.5l-s	204.0q-w	2.57i-q	50.5k-r	7.4q-t
DR8-23-2-3	107.0lmn	26.3c-h	25.7abc	24.5r-u	74.0st	101.7rst	145.2q-u	15.3n-s	160.5x-B	2.61d-l	69.0c-k	6.5tuv
DR8-31-1-1	87.3wxy	30.3b-e	22.7b-h	19.2x	73.7st	90.7w	111.3uv	10.0p-s	121.3BC	2.51i-p	44.1o-r	6.3tuv
DR8-32-2-1	103.0m-q	15.0o	13.0qr	23.1uv	85.3e-h	112.7fgh	169.9l-r	18.9k-s	188.8t-y	2.76b-f	40.7qr	8.2m-r
DR11-36-1-1	104.0m-p	25.3d-i	22.3b-h	26.5l-r	86.7efg	113.0e-h	178.1j-q	38.4f-n	216.6o-v	2.56g-n	67.1d-k	8.2m-r
DR8-43-3-1	150.0a	18.0l-o	15.0m-r	29.4d-i	88.0cde	114.0d-g	239.5c-g	46.3e-k	285.8f-k	2.46i-s	63.9d-m	9.6h-l
DR12-52-2-1	137.7cde	18.3k-o	18.3h-p	25.9o-t	82.3jkl	109.3jkl	264.3a-d	56.6d-g	320.9c-g	2.41m-u	75.1b-g	12.4bc
DR12-81-1-1	125.3ghi	19.7i-o	17.0i-r	27.8h-o	88.3b-e	114.3d-g	205.7g-l	51.8e-i	257.5j-o	2.26s-v	50.9j-r	9.2i-n
DR8-18-1-1	92.3uvw	17.0mno	16.0j-r	24.8r-u	87.7def	115.7b-e	162.8m-t	22.6j-s	185.3u-z	2.57e-m	40.1qr	7.5q-t
DR8-122-1-1	142.3bc	29.7b-f	23.7a-g	30.5b-f	88.0cde	115.3bf	148.0p-u	201.9a	349.9bcd	2.44k-t	57.5f-q	11.5c-g
DR9-4-1-1	107.7lm	30.0b-e	22.7b-h	25.8o-t	78.0pq	106.7l-o	263.5a-d	45.0e-m	308.5d-g	2.42l-u	94.0a	11.9cde
DR9-11-1-1	97.7p-u	34.0b	27.0ab	21.7vw	74.3rs	99.0tuv	230.2c-h	34.2f-q	264.4i-n	2.09vw	86.8abc	12.2bcd
DR9-11-1-2	97.0q-u	31.7bc	25.0a-d	21.6vw	74.0st	99.3tuv	237.6c-g	54.4d-h	292.0f-j	2.01w	76.1a-f	13.6b
DR9-58-1-1	131.7efg	24.7e-j	23.7a-g	30.2c-g	80.7l-o	107.0k-n	199.3g-n	30.6f-s	229.9n-t	2.37n-u	69.2b-j	7.6p-t
DR9-69-2-2	143.0bc	26.0c-h	21.7c-i	31.4bcd	85.0ghi	111.0hij	165.7l-t	4.1s	169.8w-A	2.66c-i	69.5b-j	5.4uv
DR9-67-1-1	132.7def	22.3g-n	14.7n-r	27.2j-q	84.7g-j	109.7ijk	259.1a-e	39.7f-n	298.8f-j	2.54g-o	62.4e-o	11.0c-g
DR10-14-1-1	101.3m-r	22.7g-n	21.0c-j	25.1q-u	74.0st	99.7stu	238.0c-g	46.2e-k	284.2f-l	2.23uv	66.1d-k	11.3c-g
DR10-26-1-1	88.7v-y	25.7c-i	22.3b-h	25.1q-u	83.7ijk	109.7ijk	135.0r-v	6.7rs	141.67ABC	2.32p-u	39.5qr	5.6uv
DR10-27-1-1	132.0ef	27.3c-g	24.7a-e	29.2e-j	87.7def	114.0d-g	185.9i-p	58.0def	243.9k-r	2.85bc	80.9a-e	8.4l-r
DR10-27-3-1	92.3uvw	22.7g-n	20.7c-k	24.8r-u	88.3b-e	114.7c-g	147.7p-u	29.9g-s	177.6v-A	2.53h-o	44.5o-r	7.2rst
DR10-42-1-1	125.3ghi	16.7no	13.7pqr	28.2g-n	86.7efg	114.0d-g	260.3a-e	25.1i-s	285.5f-k	2.46i-s	62.7e-o	10.1g-k
DR10-47-3-1	93.7t-w	17.0mno	15.7k-r	25.8o-t	76.7qr	101.3rst	220.6e-i	25.2i-s	245.8k-q	2.32p-u	52.4i-q	9.5i-m
DR10-26-1-3	94.3s-v	27.0c-g	20.7c-k	25.8o-t	82.0kl	108.0klm	126.6tuv	17.7m-s	144.1z-C	2.30q-u	32.4r	5.6uv

Tabel 3. Karakter agronomi galur DH0 asal kultur antera dan varietas pembanding (*lanjutan*)

Galur	TG	JA	JAP	PM	UB	UP	GI	GH	GT	B100	BR	KM
Ciherang	106.7lmn	43.0a	28.3a	26.4m-s	86.3e-h	114.0d-g	157.1o-t	10.5o-s	167.6w-A	2.46j-s	72.6b-h	6.4tuv
Inpari 18	92.0u-x	23.0g-m	20.7c-k	24.3stu	71.7t	98.0uv	164.5m-t	37.9f-o	202.3r-x	2.90b	54.8h-q	8.3l-r
Inpago 10	120.7ij	26.0c-h	21.7c-i	33.8a	81.7klm	106.7l-o	222.0e-i	48.3e-j	270.3h-n	2.54g-o	81.6a-d	8.2m-r

Keterangan: TG = tinggi generatif; JA = jumlah anakan; JAP = jumlah anakan produktif; PM = panjang malai; UB = umur berbunga; UP = umur panen; B100 = bobot 100 butir; BR = bobot gabah kering per rumpun; PM = panjang malai; GI = jumlah gabah isi per malai; GH = jumlah gabah hampa per malai; GT = jumlah gabah total per malai; KM = kerapatan malai. Angka dalam satu kolom yang sama yang diikuti huruf sama tidak berbeda nyata pada uji BNT pada taraf α 5%

galur yang memiliki jumlah gabah isi per malai nyata lebih banyak dibandingkan 3 varietas pembanding yaitu DR7-3-4-1 (291.7 bulir), DR7-75-1-1 (291.2 butir), DR7-31-1-1 (288.1 butir), DR7-26-3-1 (267.2 butir), DR7-44-1-2 (267.7 butir), DR12-52-2-1 (264.3 butir), DR9-4-1-1 (263.5 butir). Sebanyak 28 galur mempunyai jumlah gabah hampa per malai setara Ciherang, dan 28 galur setara Inpago 10 (Tabel 3). Jumlah gabah total 48 galur DH0 dalam penelitian ini berkisar antara 104.4-436.6 butir per malai (Tabel 3). Galur dengan jumlah gabah total nyata lebih tinggi dibanding tiga varietas pembanding sebanyak sepuluh galur.

Kerapatan malai merupakan karakter penting dalam mendukung produksi selain jumlah gabah isi, karena kerapatan malai lebih mempengaruhi jumlah gabah per malai dibandingkan panjang malai. Inpago 10 merupakan varietas pembanding dengan malai terpanjang (33.8 cm), namun hanya memiliki jumlah gabah total 270.3 butir per malai, sedangkan DR9-11-1-2 memiliki panjang malai 21.6 cm namun jumlah gabah totalnya 292.0 butir per malai. Hal yang sama juga dilaporkan oleh Dewi *et al.* (2009) pada kegiatan karakterisasi padi dihaploid. Terdapat 19 galur DH0 dengan kerapatan malai lebih rapat dibandingkan tiga varietas pembanding (Tabel 3). Secara keseluruhan, kerapatan malai galur DH0 asal kultur antera ini lebih rapat atau setara dengan varietas pembanding.

Bobot butir padi ditentukan oleh ukuran sekam, aktivitas *sink*, dan kapasitas *source* (Kato dan Katsura, 2014). Galur DH0 dalam penelitian ini memiliki bobot gabah 100 butir antara 2.01-3.38 g (Tabel 3). DR12-8-1-2 merupakan galur yang memiliki bobot 100 butir lebih berat dibandingkan tiga varietas pembanding. Hanya empat galur yang memiliki bobot 100 butir lebih ringan dibandingkan dengan tiga varietas pembanding. Menurut Dewi *et al.* (2009) galur dengan bobot 100 butir tinggi akan cenderung memiliki bobot per rumpun tinggi apabila didukung oleh karakter lain.

Berdasarkan uji BNT 5% diketahui bahwa galur DR9-4-1-1 memiliki bobot gabah per rumpun (hasil) nyata lebih berat dibandingkan varietas pembanding Ciherang dan Inpari 18 (Tabel 3). Sebanyak enam galur memiliki bobot per rumpun lebih berat dibandingkan Inpari 18. Terdapat 20 galur dengan bobot per rumpun setara Inpago 10, 30 galur setara Ciherang, dan 42 galur setara Inpari 18. Dengan demikian hampir sebagian besar galur dihaploid dalam penelitian ini memiliki hasil setara atau lebih berat dibandingkan varietas pembanding.

Berdasarkan bobot per rumpun, terpilih 25 galur terbaik yang memiliki bobot per rumpun diatas 60 g (data tidak ditampilkan). Hasil persilangan Inpari 18/IR83140-B-11-B//Gajah Mungkur menghasilkan jumlah galur terpilih terbanyak yaitu enam dari enam galur, sedangkan persilangan Inpari 22/IR87705-14-11-B-SKI-12//Gajah Mungkur menghasilkan jumlah galur terpilih paling sedikit yaitu tiga dari tujuh galur. Persilangan Inpari 22/IR83140-B-11-B//Gajah Mungkur menghasilkan satu galur terpilih dari satu galur yang dikarakterisasi.

Keragaman Genetik Galur DH0

Penggunaan antera F1 ditujukan untuk memperoleh tanaman setara populasi F2, namun secara langsung homozigot penuh. Hal tersebut terkonfirmasi dari kegiatan ini, keragaman genetik dari 15 karakter menunjukkan keragaman genetik tinggi ($\sigma^2_g > 2 \sigma^2_e$) (Tabel 4). Koefisien keragaman genetik dalam penelitian ini berkisar antara 6.15-83.68. Koefisien keragaman terendah ditunjukkan oleh umur panen (6.15), sedangkan gabah hampa per malai menunjukkan koefisien keragaman tertinggi (83.68). Koefisien keragaman merupakan salah satu faktor penting keberhasilan seleksi. Kegiatan Seleksi akan lebih leluasa dilakukan pada karakter yang memiliki keragaman genetik luas serta dapat digunakan untuk perbaikan genotipe (Herawati *et al.*, 2009).

Pendugaan heritabilitas merupakan parameter penting karena dapat membantu pemulia untuk menentukan karakter yang mewariskan karakternya lebih tinggi (Akhtar *et al.*, 2011). Semua karakter yang diamati pada penelitian ini memiliki nilai heritabilitas tinggi berkisar antara 90.72-99.58% (Tabel 4). Nilai heritabilitas yang tinggi akan membantu kegiatan seleksi berdasarkan fenotipe (Khan *et al.*, 2009). Lebih lanjut Dhanwati *et al.* (2013) mengemukakan bahwa nilai heritabilitas tinggi mengindikasikan bahwa peran faktor lingkungan dalam ekspresi karakter rendah.

Korelasi Antar Karakter

Nilai koefisien korelasi dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 5. Tinggi tanaman generatif, jumlah anakan produktif, jumlah gabah isi, jumlah gabah total, dan kerapatan malai berkorelasi sangat nyata dan positif dengan bobot gabah per rumpun. Fiyaz *et al.* (2011) juga mendapatkan hasil korelasi sangat nyata antara tinggi tanaman dan jumlah anakan produktif dengan bobot gabah per rumpun.

Tabel 4. Koefisien keragaman genetik dan nilai duga heritabilitas

Karakter	KKG	Keragaman genetik	$h^2_{bs}(\%)$	
			Nilai	Kriteria
Bobot 100 butir	9.17	Luas	96.95	Tinggi
Bobot gabah kering per rumpun	20.11	Luas	90.72	Tinggi
Tinggi tanaman generatif	18.39	Luas	99.58	Tinggi
Jumlah anakan	21.18	Luas	94.10	Tinggi
Jumlah anakan produktif	17.15	Luas	90.81	Tinggi
Panjang malai	10.70	Luas	97.77	Tinggi
Jumlah gabah isi per malai	23.75	Luas	97.01	Tinggi
Jumlah gabah hampa per malai	83.68	Luas	97.72	Tinggi
Umur berbunga	7.18	Luas	99.20	Tinggi
Jumlah gabah per malai	28.31	Luas	98.46	Tinggi
Kerapatan malai	26.32	Luas	98.60	Tinggi
Umur panen	6.15	Luas	99.30	Tinggi

keterangan: KKG = koefisien keragaman genetik; h^2_{bs} = heritabilitas arti luas

Karakter jumlah gabah isi per malai berkorelasi negatif dan nyata dengan bobot 100 butir (-0.39) (Tabel 5). Semakin tinggi jumlah gabah isi per malai maka kebutuhan *sink* akan semakin tinggi, namun keterbatasan *source* dalam menyediakan kebutuhan *sink* membuat pengisian tidak maksimal. Investigasi Bu-Hong (2006) pada hubungan *source-sink* padi hibrida menemukan bahwa semakin tinggi jumlah gabah dan hasil, pengisian biji menjadi lebih buruk dan persentase pembentukan biji bernasnya semakin rendah.

Hubungan *source-sink* juga terlihat dari korelasi antara jumlah gabah total dan jumlah gabah hampa (berkorelasi nyata dan positif 0.74) (Tabel 5). Semakin tinggi jumlah gabah total, semakin tinggi gabah hampa per malai. Huang

et al. (2012) melaporkan bahwa pengisian biji yang rendah dapat terjadi pada kultivar yang memiliki jumlah gabah per malai tinggi seperti pada padi hibrida super.

Kerapatan malai merupakan salah satu karakter yang menentukan seberapa banyak jumlah gabah per malai. Semakin rapat malai, maka jumlah gabah per malai akan semakin banyak. Hal ini terkonfirmasi berdasarkan nilai korelasi, yaitu nyata positif dengan gabah isi (0.82), jumlah gabah hampa (0.66), jumlah gabah total (0.93) dan bobot per rumpun (0.51) (Tabel 5).

Jumlah anakan produktif berkorelasi negatif dengan gabah isi dan gabah total (-0.42 dan -0.32) (Tabel 5). Safitri *et al.* (2011) juga melaporkan bahwa peningkatan jumlah anakan produktif berbanding terbalik dengan jumlah gabah

Tabel 5. Korelasi antar karakter pengamatan galur dihaploid DH0 asal kultur antera

	B100	BR	TG	JA	JAP	PM	GI	GH	UB	GT	KM
BR	-0.09tn										
TG	-0.12tn	0.39**									
JA	-0.02tn	0.26tn	-0.18tn								
JAP	0.04tn	0.41**	-0.16tn	0.87**							
PM	0.07tn	0.18tn	0.62**	-0.28*	-0.30*						
GI	-0.39**	0.54**	0.38**	-0.43**	-0.42**	0.35*					
GH	-0.03tn	0.19tn	0.14tn	-0.13tn	-0.05tn	0.29*	0.28*				
UB	0.21tn	-0.19tn	0.29tn	-0.01tn	-0.10tn	0.26tn	-0.21tn	0.03tn			
GT	-0.29*	0.48**	0.34**	-0.38**	-0.32*	0.40**	0.86**	0.74**	-0.13tn		
KM	-0.37**	0.51**	0.14tn	-0.27*	0.20tn	0.05tn	0.82**	0.66**	-0.25tn	0.93**	
UP	0.20tn	-0.14tn	0.29*	0.02tn	-0.08tn	0.28*	-0.17tn	0.05tn	0.98**	-0.09tn	-0.22tn

Keterangan: Keterangan: TG = tinggi generatif; JA = jumlah anakan; JAP = jumlah anakan produktif; PM = panjang malai; PM = panjang malai; GI = jumlah gabah isi; GH = jumlah gabah hampa; UB = umur berbunga; GT = gabah total; KM = kerapatan malai; UP = umur panen. ** = sangat nyata; * = nyata; tn = tidak nyata pada α 5%

total. Hal ini mungkin disebabkan galur-galur tersebut cenderung memiliki panjang malai pendek. Hal ini terlihat dari korelasi antara jumlah anakan produktif dan panjang malai (-0.30), dan korelasi antara panjang malai dengan jumlah gabah total dan jumlah gabah isi (masing-masing 0.40 dan 0.35).

KESIMPULAN

Dari 48 galur dihaploid terdapat 20 galur yang memiliki bobot per rumpun setara Inpago 10, 30 galur setara Ciherang, dan 42 galur setara Inpari 18. Galur-galur DH0 dalam penelitian ini memiliki keragaman luas dengan nilai heritabilitas tinggi (lebih dari 90%). Bobot per rumpun berkorelasi positif dan sangat nyata dengan tinggi generatif, jumlah anakan produktif, jumlah gabah isi, jumlah gabah total, dan kerapatan malai.

DAFTAR PUSTAKA

- Anupam, A., J. Imam, S.M. Quatadah, A. Siddaiah, S.P. Das, M. Variar, N.P. Mandal. 2017. Genetic diversity analysis of rice germplasm in Tripura State of Northeast India using drought and blast linked markers. *Rice Sci.* 24:10-20.
- Akhtar, N., M.F. Nazir, A. Rabnawaz, T. Mahmood, M.E. Safdar, M. Asif, A. Rehman. 2011. Estimation of heritability, correlation and path coefficient analysis in fine grain rice (*Oryza sativa* L.). *J. Animal Plant Sci.* 21:660-664.
- Akhmadi, G., B.S. Purwoko, I.S. Dewi. D. Wurnas. 2017. Pemilihan karakter agronomi untuk seleksi pada galur-galur padi dihaploid hasil kultur antera. *J. Agron. Indonesia* 45:1-8.
- Bagati, S., A.K. Singh, R.K. Salgotra, R. Bhardwaj, M. Sharma, S.K. Rai, A. Bhat. 2016. Genetic variability, heritability, and correlation coefficients of yield and its component traits in Basmati rice (*Oryza sativa* L.). *SABRAO J. Breeding Genet.* 48:445-452.
- Bradshaw, J.E. 2017. Plant breeding: past, present and future. *Euphytica*.doi. 101007/s10681-0161815-y.
- Bu-Hong, Z., W. Peng, Z. Hong-Xi, Z. Qing-Sen, Y. Jiang-Chang. 2006. Source-sink and grain filling characteristics of two-line hybrid rice Yangliangyou. *Rice Sci.* 13:34-42.
- Dewi, I.S., A.C. Trilaksana, T. Koesoemaningtyas, B.S. Purwoko. 2009. Karakterisasi galur haploid ganda hasil kultur antera. *Buletin Plasma Nutfah* 15:1-12.
- Dewi, I.S., B.S. Purwoko. 2012. Kultur antera untuk percepatan perakitan varietas padi di Indonesia. *Jurnal AgroBiogen* 8:78-88.
- Dewi, I.S., M. Syafii, B.S. Purwoko, W.B. Suwarno. 2017. Efficient indica rice anther culture derived from three-way crosses. *SABRAO J. Breeding Genet.* 49:336-345.
- Dhanwani, R.K., A.K. Sarawagi, A. Solanki, J.K. Towari. 2013. Genetic variability analysis for various yield attributing and quality traits in rice (*Oryza sativa* L.). *The Bioscan.* 8:1403-1407.
- [FAO] Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2014. *FAO Statistical Yearbook 2014*. Bangkok: FAO Regional Office for Asia and the Pasific.
- Fiyaz, A.R., K.T. Ramya, A. Chikkalingaiah, B.C. Ajay, C. Gireesh, R.S. Kulkarni. 2011. Genetic variability, correlation and path coefficient analysis studies in rice (*Oryza sativa* L.) under alkaline soil condition. *Electronic J. Plant Breeding* 2:531-537.
- Gunarsih, C., B.S. Purwoko, I.S. Dewi, M. Syukur. 2016. Regenerasi dan aklimatisasi kultur antera enam persilangan F1 padi sawah. *J. Agron. Indonesia* 44:133-140.
- Herawati, R., B.S. Purwoko, I.S. Dewi. 2009. Keragaman genetik dan karakter agronomi galur haploid ganda padi gogo dengan sifat-sifat padi tipe baru hasil kultur antera. *J. Agron. Indonesia* 37:87-94.
- Herawati, R., B.S. Purwoko, I.S. Dewi. 2010. Characterization of doubled haploid derived from anther culture for new type upland rice. *J. Agron. Indonesia* 38:170-176.
- Huang, M., Y. Zou, P. Jiang, B. Xia, A. Xiao. 2012. Performance of super hybrid rice cultivars grown under no-tillage and direct seedling. *Sci. Agric.* 69: 103-107.
- [IRRI] International Rice Research Institute. 2002. *Standard Evaluation System for Rice*. Manila (PH): INGER-IRRI.
- Kartina, N., B.P. Wibowo, I.A. Rumanti, Satoto. 2017. Korelasi hasil gabah dan komponen hasil padi hibrida. *Penelitian Tanaman Pangan* 1:11-19.
- Kato, Y., K. Katsura. 2014. Rice adaptation to aerobic soils: Physicological consideration and implication for agronomy. *Plant Prod. Sci.* 17:1-12.
- Khan, A.S., M. Imran, M. Ashfaq. 2009. Estimation of genetic variability and correlation for grain yield component in rice (*Oryza sativa* L.). *American-Eurasian J. Agric. Environ. Sci.* 6:585-590.

- Lang, N.T., B.P. Tam, N.V. Hieu, C.T. Nha, A. Ismail, R. Reinke, B.C. Buu. 2014. Evaluation of rice landraces in Vietnam using SSR markers and morphological characters. *SABRAO J. Breeding Genet.* 46:1-20.
- Leung, H., C. Raghavan, B. Zhou, R. Olivia, R. Choi, V. Lacorte, M.L. Jubay, C.V. Cruz, G. Gregorio, R.K. Singh, V.J. Ulat, F.N. Borja, R. Mauleon, N.N. Alexandrov, L. McNally, R.S. Hamilton. 2015. Allele mining and enhanced genetic recombination for rice breeding. *Rice*. 8(34). doi:10.1186/s12284-015-0069-y.
- Mishra, R., G.J. Rao. 2016. In-vitro androgenesis in rice: advantages, constraints and future prospects. *Rice Sci.* 23:57-68.
- Mishra, R., G.J.N. Rao, R.N. Rao, P. Kaushal. 2015. Development and characterization of elite double haploid lines from two indica rice hybrids. *Rice Sci.* 22:290-299.
- Pinaria, A., A. Baihaki, R. Setiamihardja, A.A. Darajat. 1995. Variabilitas genetik dan heritabilitas karakter-karakter biomassa 53 genotipe kedelai. *Zuriat.* 6:88-92.
- Safitri, H., B.S. Purwoko, I.S. Dewi. B. Abdullah. 2011. Korelasi dan sidik lintas karakter fenotipik galur-galur padi haploid ganda hasil kultur antera. *Wydiariset* 14:295-304.
- Sasmita, P. 2001. Kultur antera padi gogo dan F1 terpilih hasil persilangan kultivar dengan aksesori toleran naungan. Tesis. Sekolah Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Seck, P.A., A. Diagne, S. Mohanty, M.C.S Wopereis. 2012. *Crops that feed the world 7: Rice.* Food Sec. 4:7-24.
- Silva, T.D. 2010. Indica rice anther culture: can the impasse be surpassed?. *Plant Cell Tiss Organ Cult.* 100:1-11.
- Singh, R.K., B.D. Chaudhary. 1979. *Biometrical Method in Quantitative Genetik Analysis.* New Delhi (IDA).
- Stanfield, W.D. 1983. *Theory and Problems of Genetics*, 2nd edition. Schain's Outline Series. New Delhi (IN): Mc. Graw-Hill.
- Widyastuti, Y., Satoto, I.A. Rumanti. 2015. Performance of promising hybrid rice in two different elevation of irrigated lowland in Indonesia. *Agrivita* 37:169-177.